

Zur näheren Kenntniss des Froschherzens und
seiner Nerven.

Von

F. BIDDER in Dorpat.

(Hierzu Taf. I.)



Die Erfahrungen, welche Stannius (zwei Reihen physiologischer Versuche, Müller's Archiv 1852, S. 85) nach Umschnürung verschiedener Gegenden des Froschherzens mit einem Faden über die rhythmische Thätigkeit dieses Hohl Muskels gemacht hatte, wurden von ihrem Urheber als Thatsachen bezeichnet, die zwar auf die Existenz zweier verschiedener Centralorgane im Herzen hinzuweisen schienen, eines die Contraktionen hemmenden und eines sie fördernden, deren genügende Deutung jedoch schwer zu geben sei. Zwar boten die gleichzeitig von mir veröffentlichten, auf Durchschneidung des regelmässig fortschlagenden Froschherzens und auf anatomische Untersuchung seiner Nerven gegründeten Ansichten (über functionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentra im Froschherzen, Müller's Archiv 1852, S. 163) den Anfang einer Basis zur näheren Erklärung des Stannius'schen Versuchs dar, und wurden auch bei der späteren Prüfung der fraglichen Erscheinungen nicht unberücksichtigt gelassen. Aber theils treten die folgenden Beobachter den von mir gemachten Angaben entgegen, theils stimmen sie auch unter einander nicht überein. Während

ich nämlich das Centrum für die rhythmische Schlagfolge des Herzens in diejenigen Nervenzellen glaubte verlegen zu müssen, die an der Vereinigungsstelle der beiden Herzzweige des Vagus auf der Vorhofswand und im Verlaufe der beiden Scheidewandnerven sich finden, den von mir zuerst nachgewiesenen sogenannten Atrioventricularganglien dagegen nur die Vermittelung von Reflexactionen zuzuschreiben mich veranlasst sah, verwirft Heidenhain (*Disquisitiones de nervis organisque centralibus cordis*, dissert. inaug. Berol. 1854, und Müller's Archiv 1858, S. 479) die Sonderung der Ganglien des Froschherzens in automatische und reflectorische, unterscheidet vielmehr wie Stannius Hemmungs- und Bewegungscentra, lässt an der oberen Grenze der Vorhöfe und dem Venensinus den Hemmungsapparat, an der unteren Grenze der Vorhöfe und dem Ventrikel den Bewegungsapparat vorwiegen, und leitet den Herzstillstand bei Anlegung einer Ligatur um die Sinusgrenze von einer dadurch bewirkten Erregung des Hemmungsnervensystems ab. v. Bezold dagegen (*Virchow's Archiv* 1858, Bd. 14, S. 282) sucht die Ursache dieser Ruhe in der Trennung des Sinus vom übrigen Herzen, indem auch er bewegende und hemmende Kräfte annimmt, dieselben auf die Vorhofs- und Ventricularganglien vertheilt, und überdies als Träger der ersteren auch besondere Sinusganglien erwähnt. Eckhard (*Beiträge zur Anatomie und Physiologie*, 2. Heft, Giessen 1858, S. 145), der auch die Pulsationen der Hohlvenen in den Kreis seiner Betrachtungen hineinzog, nimmt als Grund für die letzteren, Nervenästchen mit eingelagerten Nervenzellen an, die für die beiden oberen Hohlvenen von den Rami cardiaci ausgehen und in die Venenwand eintreten sollen; er bezeichnet in Bezug auf die spontanen Bewegungen des Herzens die Stelle der Vereinigung der Rami cardiaci auf der Scheidewand des Herzens als „bedeutsam“, vermuthet die Anwesenheit von Ganglien auch in den Vorhofswänden, wo sie bis dahin noch nicht nachgewiesen worden, und erklärt unser Wissen über die Function der Atrioventricularganglien für Nichts. Goltz endlich (*Virchow's Archiv* 1861, Bd. 21, S. 191) erläutert ausführlich die Frage, ob die Ligatur durch Reizung oder Trennung wirke, bedient sich dazu

auch der Durchschneidung des Herzens mit scharfen Instrumenten, hält den Luftreiz ab durch Arbeiten unter Oel, erkennt zwar auch an, dass an der Sinusgrenze die für die Herzthätigkeit wesentlichsten Centralorgane liegen müssen, und dass ähnliche Heerde auch an den Vorhöfen und dem Ventrikel sich finden, bekämpft aber ihre Auffassung als automatische Centralorgane, und sieht vielmehr alle Ganglien des Herzens als reflectorische an, die unter gewöhnlichen Verhältnissen durch das Blut angeregt werden, bei Ausschluss aller Reize aber das Herz auch dauernd ruhen lassen.

Wenn Widersprüche wie die eben angedeuteten in einer anscheinend einfachen Frage und in einem der Experimental-kritik überdies leicht zugänglichen Gebiete schon auffallend erscheinen müssen, so ist doch-noch befremdlicher, dass, während von allen Seiten die fraglichen Phänomene in übereinstimmender Weise von Alterationen der im Froschherzen enthaltenen Nervenzellen abgeleitet werden, doch — mit alleiniger Ausnahme einer gelegentlichen Bemerkung von Eckhard, a. a. O. S. 150 — nirgends eine genauere auf anatomische Untersuchung gegründete Angabe darüber sich findet, welches Lagenverhältniss zwischen den um das Herz angelegten Ligaturen und den bis dahin bekannt gewordenen Nervenzellenanhäufungen in demselben obgewaltet habe. Ist es aber durchaus unleugbar, dass die Thätigkeit des Herzens zu den ihm eigenen Nervenzellen in einer innigen und wesentlichen Beziehung steht, und wird die Herzthätigkeit alterirt, sobald Ligaturen um verschiedene Gegenden des Herzens angelegt werden, so macht sich in ganz unabweisbarer Weise das Bedürfniss geltend, festzustellen, wie durch solche trennende Eingriffe die räumlichen Beziehungen der Nervenzellen zu den verschiedenen Abtheilungen der Herzmusculatur geändert werden, welche Zellengruppen oberhalb oder unterhalb der Ligatur oder des Schnittes zu liegen kommen, welche Abtheilungen des Herzfleisches mit einem fraglichen Ganglion in Verbindung blieben oder von demselben geschieden wurden, u. s. w. Eine Wiederholung der Stannius'schen Versuche von diesem Gesichtspunkte aus schien also durchaus wünschenswerth, und eine erneuerte Orientirung über

die Nervenverbreitung im Froschherzen hing damit auf's Engste zusammen. Ich habe die betreffenden Untersuchungen mit Dr. C. Gregory angestellt, der namentlich über den physiologischen Theil unserer Erfahrungen in seiner Inauguralschrift (Beiträge zur Physiologie der Herzbewegung beim Frosche, Dorpat 1865) berichtet hat. Die anatomische Seite des Gegenstandes hat mich aber in Anknüpfung an die frühere Beschäftigung mit demselben so lebhaft interessirt, dass ich ihr noch weitere Aufmerksamkeit zuzuwenden veranlasst wurde. Bei der den heutigen Anforderungen nicht mehr entsprechenden Beschaffenheit der älteren Beschreibungen des Froschherzens von J. M. Weber (1832) und A. Burow (1834), sowie in Betracht der ganz unbestimmten Aussicht auf die Beendigung der trefflichen Anatomie des Frosches von Ecker (I. Abth., Knochen- und Muskellehre, Braunschweig 1864) dürften die folgenden den Bau des Froschherzens betreffenden Notizen nicht unzeitgemäss erscheinen.

Es handelt sich bei den Stannius'schen Versuchen zunächst um eine rings um den venösen Sinus vor seinem Uebergange in den Vorhof, oder „genau“ an der Stelle, wo er in den rechten Vorhof mündet, anzulegende Ligatur. Das hierbei einzuhaltende Verfahren ist von Stannius eben so wenig als von den nachfolgenden Beobachtern näher angegeben worden. Jedenfalls ist dazu Allem zuvor der Sinus von dem übrigen Herzen zu unterscheiden, seine Grenze genau zu bestimmen. Das ist eine keineswegs ganz leicht und sicher zu lösende Aufgabe. Nachdem Rumpf und Extremitäten eines Frosches in passender Weise zur Ruhe gebracht worden, lässt sich in der geöffneten, Brusthöhle nach Spaltung des Pericardiums, je nachdem die Spitze des Herzens auf die eine oder andere Seite hinübergelegt oder in die Höhe gehoben wird, der gemeinschaftliche Hohlvenensack durch seine dunkelblaurothe Färbung von den hellrothen Vorhöfen zum Theil allerdings unterscheiden. Aber zu einer vollständigen Uebersicht desselben gelangt man auf diese Weise nicht; nicht allein weil nicht alle Theile des Sinus hierdurch dem Auge zugänglich werden, sondern weil auch in den sichtbaren Parthieen der stete Wechsel von Systole und

Diastole ein Festhalten der Sinusgrenze so sehr erschwert, dass ich das Anlegen einer Ligatur „genau“ an dieser Grenze schon hiernach für eine nur durch einen glücklichen Zufall zu lösende Aufgabe ansehen musste. Um den Sinus in Wirklichkeit ringsum zu überblicken und seine Grenze vollständig kennen zu lernen, ist unerlässlich, das Herz ganz herauszunehmen und seine Wandungen in hinreichendem Maasse zu spannen.

Zu solchem Zwecke bieten sich die beiden bereits von Ludwig (Müller's Archiv 1848, S. 143) empfohlenen Methoden der Erfüllung des Herzens mit Luft oder mit einer Leimmasse dar. Das frische Herz wird, nach Spaltung des Herzbeutels, von einem der innerhalb des letzteren gelegenen grossen Gefässe aus mittelst einer eingebundenen Canüle aufgeblasen. Am meisten empfiehlt sich hierzu einer der beiden aus dem Aortenbulbus hervorgehenden Stämme. Zwar könnte das Lufteinblasen ebensowohl von einer der drei grossen Hohlvenen erfolgen. Bei der Kürze dieser letzteren aber, und bei der Wichtigkeit, die ihre ganz ungeschmälerte Erhaltung für die Beurtheilung des Hohlvenensinus hat, ist es vorzuziehen, sie in möglichst weiter Entfernung vom Herzen mit einer Ligatur zu umschnüren, die Blutzufuhr zum Herzen dadurch abzuhalten, und die beiden Aorten etwa an der Stelle des Abganges der Carotiden zu durchschneiden. Hierdurch werden dem im Herzen noch übrigen Blut zwei Auswege geöffnet, deren einer nach Unterbindung des anderen zum Lufteinblasen zu benutzen ist. Diese Gefässe sind zur bequemen Aufnahme einer Canüle hinreichend lang, und ihre etwa unvermeidliche Verkürzung beeinträchtigt nicht die Vollständigkeit des Sinus und die Uebersicht seines Verhältnisses zu den Hohlvenen und Vorhöfen. Es ist jedoch rathsam das Lufteinblasen nicht vorzunehmen, so lange die Herzcontractionen nicht sichtlich schwächer geworden sind. Denn wie beim lebenden Thier die innere Herzfläche gegen den Luftreiz ausserordentlich empfindlich sich zeigt, so beginnt auch das ausgeschnittene Herz, selbst wenn es in seinen Zusammenziehungen bereits unverkennbar ermattet war, nach dem Einblasen von Luft seine rhythmischen Contractionen mit erneuerter Kraft. Die Luft wird zwischen Vorhöfen und Ven-

trikel hin und her getrieben, nicht selten mit deutlich hörbarem Zischen, und da das selbst einige Stunden anhalten kann, so bewirkt die auf die eingeschlossene Luft ausgeübte Pression ein allmähliches Durchtreten derselben nach Aussen, und man findet nur zu häufig ein Herz, das in ganz gelungener Weise ausgedehnt war, einige Stunden darauf doch wieder völlig collabirt und verschrumpft. Dies tritt um so eher ein, als die Pulsationen des aufgeblasenen Herzens gerade dadurch lebhafter werden, dass dasselbe zum Zweck des Austrocknens frei aufgehängt wird und ringsum von Aussen wie von Innen den Einfluss des atmosphärischen Sauerstoffs erfährt. In letzterem Umstande ist ja auch der Unterschied begründet, der in Bezug auf Energie und Dauer der Herzthätigkeit nach den Erfahrungen von A. v. Humboldt zwischen dem mit seiner Rückenfläche aufliegenden und dem frei hängenden Herzen Statt findet (Be-zold in Virchow's Archiv 1858, Bd. 14, S. 282). Ueberdies mag auch die Ausdehnung der Muskelbündel in Folge des Aufblasens als mechanischer Reiz wirken, wie dies erst neuerdings von A. Brandt (Bulletin de l'académie de St. Petersb., 1865, Tom. VIII, p. 425) für die rhythmische Thätigkeit des Krebsherzens experimentell nachgewiesen ist. — Bei der sehr verschiedenen Dicke, welche die Wandungen der Kammer, der Atrien und des Sinus besitzen, ist es verständlich, dass die eingeblasene Luft die verschiedenen Abtheilungen des Herzens nicht in gleichem Verhältniss ausdehnt, dass Sinus und Vor-kammern bereits prall gespannt erscheinen, wenn die Kammer nur wenig ausgedehnt sich zeigt. Da es sich jedoch bei der in Rede stehenden Festsetzung auch nur um die erstgenannten Abtheilungen des Herzens handelt, so bleibt die unvollständige Ausdehnung der Kammer gleichgültig.

Ein von Luft ausgedehntes Herz lässt schon bei sofortiger Untersuchung unter Wasser eine vollständige Einsicht in seine äussere Configuration mit Einschluss des Sinus gewinnen. Man hat hierbei zugleich den Vortheil, anhängende Fetzen des Pericardiums oder Peritoneums entfernen, die an den oberen Hohl-venen herablaufenden Rami cardiaci freilegen, und die Stelle ihres Eintritts in's Herz genau bezeichnen zu können. Wird

aber das aufgeblasene Herz getrocknet, so sind nicht allein Gestalt und Umfang des Sinus und der Vorhöfe, und das Verhältniss der grossen Gefässe zu dem Herzen leicht zu überblicken, sondern man kann durch theilweises Abtragen der Wände dieser Hohlräume auch ihr Inneres dem Auge zugänglich machen, namentlich das Septum atriorum in seiner ganzen Ausdehnung darstellen, seine Anlage an die Wand der Vorhöfe kennen lernen, Stücke desselben sowie der Vorhofs- und Sinuswand heraus schneiden, um sie auf die Gegenwart von Nerven-elementen mikroskopisch zu prüfen. Indessen ist bei der Zartheit und Brüchigkeit des ganzen Objects die Handhabung desselben misslich, die Anwendung der Scheere ohne beträchtliche Risse in die Substanz hinein nicht thunlich, und ein Gesamtbild der in Frage kommenden Verhältnisse nur mühsam aus zahlreichen Bruchstücken zu construiren.

Diese Uebelstände lassen sich ganz vermeiden, wenn man das Herz, statt mit Luft, mit einer concentrirten Leimlösung erfüllt. Die über die Eigenwärme des Frosches hinausgehende Temperatur dieser Injectionsmasse bringt auch die kräftigsten Herzpulsationen bald zum Schweigen, und sichert dadurch den Erfolg der Injection. Da bei dieser Art der Ausspannung der Herzwände eine Unterbindung der grossen Venen entbehrlich ist, so lassen sich diese Gefässstämme in grösserer Strecke darstellen, und in ihrem Verhältniss zu den Vorhöfen und dem Sinus um so vollständiger beurtheilen. Das Gleiche gilt von den Pulmonalvenen, die an dem aufgeblasenen Herzen sich kaum markiren, während sie nach der Leiminjection mit aller Vollständigkeit hervortreten. Man kann ferner bei dem raschen Erkalten und Starrwerden des Leims unmittelbar nach der Injection zur weiteren Benutzung des Präparates schreiten, was für die mikroskopische Untersuchung der Nerven nicht unwichtig ist. Es lassen sich ferner auch bei längerem Aufbewahren in verdünntem Weingeiste beliebige Stücke der Wandung leicht aus- und abschneiden. Ueberdies bietet die in den Herzhöhlen erstarrende Leimmasse Gelegenheit, vollständige Ausgüsse derselben und der in sie mündenden Gefässröhren zu erhalten. So lässt sich namentlich aus dem linken Atrium die dasselbe

erfüllende Injections gallerte als eine zusammenhängende Masse herausnehmen, an der häufig auch der den Pulmonalvenenstamm erfüllende Leimcylinder ansitzen bleibt. Auch zur Untersuchung der Vorhofsscheidewand sind solche Injectionspräparate vorzüglich geeignet, indem nach Abtragung der äusseren Wand des einen Atriums und Herausnahme der dasselbe erfüllenden Leimmasse die entsprechende Seite des Septums leicht zugänglich wird, und zwar in vollkommen ausgespanntem Zustande, weil der andere Vorhof durch die ihn erfüllende Leimmasse ausgedehnt erhalten bleibt. Ich kann daher nicht anstehen, der Methode der Leiminjection des Herzens den entschiedenen Vorzug vor der Ausdehnung durch Lufteinblasen zu geben. Jedenfalls braucht bei Vereinigung dieser Methoden kaum eine erhebliche Lücke in der Erkenntniss der äusseren Form und der inneren Räume des Herzens übrig zu bleiben, und soweit die im Eingange angeregte Frage davon berührt wird, mögen einige dieser Verhältnisse hier erläutert werden.

Betrachtet man nach der erwähnten Vorbereitung ein Froschherz von der vorderen oder Bauchseite her, so bekommt man kaum mehr zu sehen als schon in dem in seiner natürlichen Lage gelassenen, blosgelegten und noch fortarbeitenden Herzen sich zeigt. Die Grenze zwischen Vorkammern und Kammer ist durch eine Querfurche scharf bestimmt; aus der rechten Seite der Kammerbasis erhebt sich der Aortenbulbus (Fig. 1 d), der schräg nach links aufsteigt und alsbald in zwei Stämme sich spaltet, die nach beiden Seiten aus einander weichen, die Vorkammern umgreifend nach oben und hinten gegen die Wirbelsäule sich wenden, und die vordere Fläche der beiden Vorkammern in drei Abtheilungen scheiden, deren mittlere zwischen den beiden Aortenbogen, die beiden seitlichen nach rechts und links von der gleichnamigen Aorta zu liegen kommen. Von den Hohlvenen kommt, bei vollständiger Erfüllung des Herzens und bei Betrachtung von der vorderen Seite her, nichts zu Gesicht. Bei Untersuchung des herausgeschnittenen Herzens von der Rückenfläche her sieht man dagegen, dass die drei vor der Einmündung in den Sinus durchschnittenen Hohlvenen mit dem letzteren eine trichterförmige oder wegen der Excavation

der oberen Grenze kartenherzähnliche Figur bilden, deren nach unten gerichtete Spitze in die untere Hohlvene ausläuft (Fig. 2), während die beiden nach oben gerichteten Ecken die Enden der beiden oberen Hohlvenen sind, und in den zwischen ihnen befindlichen Ausschnitt die hintere Wand der Vorhöfe hineingreift. Die Atrien werden daher an ihrer hinteren Fläche in ähnlicher Weise von den beiden oberen Hohlvenen umfasst, wie dies an der vorderen Fläche die beiden Aorten thun. Der zwischen diesen grossen Gefässen gelegene Theil der Vorhöfe wird beim Aufblasen oder Injiciren des Herzens besonders stark hervorgewölbt. Die Wände der Hohlvenen und des Sinus sind von gleichmässig durchscheinender Beschaffenheit, während die Atrien ein unregelmässig gestreiftes Aussehen haben. Dies hängt mit der verschiedenen Entwicklung der Musculatur zusammen, indem quergestreifte und netzförmig verbundene Muskelbündel dem Sinus und den Enden der Hohlvenen zwar ebenso wie dem übrigen Herzen zukommen, dort indessen ein einfaches und ziemlich gleichmässiges Stratum bilden, während sie hier in zahlreichen Lagen über einander geschichtet sind, deren innerste als Trabeculae carneae in die Höhle des Herzens vorspringen.

An der tiefsten Stelle des zwischen den beiden oberen Hohlvenen befindlichen Ausschnitts treten an die den letzteren ausfüllende hintere Wand der Vorhöfe die beiden alsbald zu einem gemeinsamen Stamm zusammenfliessenden Pulmonalvenen heran (Fig. 2 e). — Da schon aus dem Bisherigen hervorgeht, dass die Grenze zwischen dem Hohlvenensinus und den Vorkammern nicht in einer und derselben Ebene liegt (Fig. 3), so ist auch sogleich einleuchtend, dass es ganz unmöglich ist, eine Ligatur „genau“ um diese Grenze anzulegen, oder den venösen Sinus „vor seinem Uebergange in den Vorhof“ zu unterbinden. Weil eine solche Ligatur, auch wenn sie bei der Rückenlage des Thieres unter den beiden Aorten durchgeführt wird, oberhalb der Hohlvenen zu liegen kommt, müssen nothwendiger Weise bedeutende Parthieen der Vorhöfe und der Pulmonalvenenstamm mit der demselben dicht anliegenden Vereinigungsstelle der Rami cardiaci unterhalb der Ligatur liegen, d. h. mit dem Sinus in Verbindung bleiben.

Wenn man, um eine Einsicht in das Innere der Herzräume zu gewinnen, zunächst jene stark hervorragende Kuppe abträgt, die zwischen den Aortenbogen sich hervorwölbt, so wird damit nur das rechte Atrium geöffnet. Der Raum der beiden Vorhöfe ist daher durchaus nicht von gleicher Ausdehnung; der rechte dürfte mindestens doppelt so gross sein als der linke, indem die Scheidewand nicht überall in der Mittellinie des Herzens liegt. An der Rückenseite geht sie zwar ziemlich in der Mittellinie dicht an der Einmündungsstelle der Pulmonalvene von der Innenfläche des Atriums aus. Dagegen legt sich ihr vorderer Rand an die Innenwand der Atrien sogar links von der Stelle an, an welcher äusserlich die linke Aorta aufliegt. Während das Septum im Uebrigen ringsum mit den Wandungen der Vorhöfe verwächst, ist es mit einem freien, von vorn nach hinten verlaufenden Rande über die kreisrunde Atrioventricularöffnung hinübergespannt (Fig. 4g), so jedoch, dass, entsprechend der von der Mittellinie nach links abweichenden Stellung des ganzen Septums, auch dieser freie Rand nicht der Mitte der Kammermündung entspricht. Vielmehr wird letztere durch den Scheidewandrand in zwei Abtheilungen geschieden, die sich wie die Vorkammern etwa wie 1:2 verhalten. Aus der in der oben angedeuteten Weise zugänglich gemachten rechten Vorkammer sieht man daher eine mehr als einen Halbkreis umfassende Oeffnung in die Kammer, und eine zweite in den Sinus führen. Letztere lässt sich noch besser übersehen, wenn in die hintere Wand des Sinus selbst ein Fenster eingeschnitten wird. Sie bildet eine elliptische Spalte mit quergerichtetem Längendurchmesser (Fig. 5), die den alleinigen Weg darstellt, auf welchem das Blut aller drei in dem Sinus zusammentreffenden Hohlvenen in das Atrium gelangt. An dem frischen noch fortarbeitenden Herzen kann man daher auch auf demselben Wege dahin gelangen, diese Oeffnung bei jeder Systole der Kammern völlig verschwinden zu sehen, indem die Ränder derselben von allen Seiten her bis zur vollständigen Berührung sich nähern, und den Rücktritt des Blutes in den Sinus hindern müssen. Die mondsichelförmige Gestalt, welche Burow (*de vasis sanguiferis ranarum*, diss. inaug. Re-

giomonti 1834, p. 8, Fig. 3) der Communicationsöffnung zwischen dem Sinus und den Atrien zuschreibt, dürfte wohl eine der mannichfach wechselnden Formen sein, die diese Oeffnung an dem todten und schlaffen Herzen annimmt. Die von Burow an dem unteren vermeintlich convexen Rande dieser Spalte angegebenen zarten, pyramidenförmigen Klappenrudimente sind wohl auch nur ein Ausdruck des collabirten Zustandes des Organs, da an dem mit Leim erfüllten wie an dem getrockneten Herzen dieser Rand immer scharf und glatt erscheint. Von einer Klappe kann an dieser Oeffnung wohl überhaupt nicht die Rede sein, da die beiden halbmondförmigen Lippen, von denen sie begrenzt ist, von der hinteren Wand des Atriums selbst durchaus nicht unterschieden sind, so dass die zwischen ihnen befindliche Oeffnung nur eine Spalte zwischen den Muskelbündeln des Vorhofs ist, zu deren Verschluss die Verkürzung der letzteren allein für sich vollkommen hinreicht. — Ist in der angedeuteten Weise das Innere des Sinus dem Auge zugänglich gemacht, so lässt sich auch der Verlauf des gemeinschaftlichen Pulmonalvenenstammes näher kennen lernen. Derselbe geht zwischen Sinus und Vorhofswand, im gefüllten Zustande jedoch in den ersteren hineinragend, in der Ausdehnung von etwa 1''' schräg von rechts nach links herab, zu beiden Seiten von den beiden Scheidewandnerven begleitet, und alsbald in den linken Vorhof sich einsenkend. — Beim Einschneiden eines Fensters in die äussere Wand des linken Atriums ist Vorsicht erforderlich, um nicht zugleich das durch einen nur geringen Zwischenraum geschiedene Septum zu verletzen. Man überzeugt sich von dieser Seite her nochmals von der weit geringeren Ausdehnung dieses linken Atriums im Verhältniss zum rechten, von der vollständigen Trennung beider durch die senkrecht zwischen ihnen aufgestellte Scheidewand, von der nur einem Kreissegment entsprechenden Oeffnung, die aus dem linken Atrium in die Kammer führt, und von der Oeffnung, mit welcher etwa in der Mitte des hinteren Randes des Septums der Pulmonalvenenstamm in den linken Vorhof mündet (Fig. 4d). — Die kreisförmige Atrioventricularöffnung ist an dem getrockneten Herzen ebenfalls durch eine nach Innen vor-

springende klappenartige Falte bezeichnet, die M. J. Weber (Beiträge zur Anatomie und Physiologie, Bonn 1832, S. 3) einen callösen Muskelring nennt, und die am frischen Herzen in der Mitte ihres vorderen und hinteren Umfanges, wo das Septum auf sie trifft, eine knötchenartige Verdickung zeigt (Fig. 6 g), die durch ihre grauweissliche Farbe von der übrigen Umgebung absticht, und durch Anhäufung von Ganglienzellen in die hier eintretenden und zwischen die Muskelbündel sich einsenkenden beiden Scheidewandnerven bedingt wird. Burow (a. a. O. u. Fig. 4) nennt diese beiden „fleischigen, festen, halbmondförmigen Lappen wahre Klappen“, und allerdings müssen sie zum Abschluss des Ventrikels von den Atrien beitragen, obgleich die Richtung ihrer Fleischfasern im Wesentlichen der Längsachse des Ventrikels entspricht und nicht gerade auf den Verschluss jener Oeffnung berechnet erscheint. Wenn Burow von diesen Lappen ferner sagt: *libere in ventriculum procurrunt, neque ullis fibris cum trabeculis carnis, sed interna superficie cum septi lamella conjunguntur*, so ist das erstere entschieden nicht richtig; denn sie sind nichts anderes als der in der angegebenen Weise ausgezeichnete Anfang von longitudinalen Fleischbündeln des Ventrikels, die denn auch in mehrfacher Zahl von diesen Lappen aus gegen die Herzspitze sich fortsetzen.

So viel zur Verständigung über den Bau des Froschherzens, insofern hieran die nähere Darlegung des Verlaufs seiner Nerven sich anschliessen muss. In letzterer Beziehung ist zunächst hervorzuheben, dass bekanntlich von Aussen her keine anderen Nervenelemente zum Herzen treten als in den von den Herzzweigen des Vagus gegebenen Bahnen. Nachdem Volkmann (Müller's Archiv 1838, S. 79), der zuerst die Hirnnerven des Frosches einer näheren Untersuchung unterworfen hatte, in Bezug auf diese Herzzweige sich auf die Bemerkung beschränkt hatte, dass sie zum Ende des Eingeweideastes des Vagus gehören, lieferte Ecker (Icones physiol., Leipzig 1859, Tab. XXIV) die erste bildliche Darstellung ihres Anfanges, der vollständig beigeipflichtet werden muss. Der Ramus cardiacus ist nämlich ein Zweig des aus dem hinteren Aste des Nervus vagus her-

vorgehenden Ramus splanchnicus, der zuerst mehrere Fäden zur Speiseröhre und zum Magen entsendet, im weiteren Verlauf einen Ramus pulmonalis abgibt, und endlich in unseren Herzast ausläuft. Dieser geht, wie auch Ecker (a. a. O. Fig. VI. x 3 c) abgebildet hat, über den oberen Theil der vorderen Lungenfläche hin, durch den zarten serösen Ueberzug derselben hindurchschimmernd. Gleich in seinem Anfange ist übrigens ebenso wie im weiteren Verlauf dieser Herzast des Vagus auf der linken Seite stärker als auf der rechten. Indem er, beiderseits in schräger Richtung verlaufend, der Mittellinie des Körpers sich immer mehr nähert, verlässt er den inneren Rand der Lunge und verbirgt sich sogleich hinter der oberen Hohlvene seiner Seite. Die Hohlvenen sind, soweit sie im Herzbeutel liegen, nicht von allen Seiten frei, sondern an ihrer hinteren Fläche durch Bindegewebe mit den angrenzenden Gebilden verwachsen. In diesem Bindegewebe liegt der Ramus cardiacus, und gelangt, zwar ausserhalb des Pericardiums, aber der Hohlvene und dem Sinus dicht anliegend, zu der an der oberen halbmondförmigen Grenze des letzteren gelegenen Eintrittsstelle des Pulmonalvenenstammes. Auf diesem ganzen Wege aber, von dem Abgange aus dem Ramus pulmonalis N. vagi an bis zur Einsenkung in's Herz selbst, einer Strecke von 4''' und mehr, giebt unser Nerv keine nachweisbaren Aeste an die Venen, denen er anliegt, ab. Dies muss ich gegenüber einer älteren Angabe von Ludwig und einer neueren Bemerkung von Eckhard ausdrücklich hervorheben. Wenn nämlich Ludwig (a. a. O. S. 140) sagt, dass die Herzzweige des Vagus, so lange sie auf den Scheiden der Venen und in dem Zwischenraume zwischen letzteren und der Lunge laufen, zahlreiche Plexus bilden, deren Aeste aber allmählich wieder zu einem Stamm gesammelt werden, wenn sie sich der Gabel der Venae jugulares (cavae?) nähern, so hat hierbei — wie ich vermuthen muss — eine Verwechslung mit denjenigen Nervenplexus Statt gefunden, die da, wo Herzbeutel und Peritoneum zusammenstossen, unter dem serösen Ueberzuge der Leibeshöhle sehr reichlich angetroffen werden. Wenn man nicht blos den im Herzbeutel liegenden Theil der Hohlvene, son-

dern zugleich die Gegend herausnimmt, wo sie aus dem Zusammenfluss der Vena brachialis, jugularis und facialis entsteht, werden solche Nervenplexus niemals vermisst werden. Eine genauere Untersuchung derselben lässt aber gar keinen Zweifel darüber, dass die fraglichen grösseren und kleineren, zuweilen nur aus wenigen Primitivfasern bestehenden Bündel zwar vielfach über oder unter dem Ramus cardiacus hinziehen, aber mit ihm selbst gar nichts zu schaffen haben. Auch Eckhard (a. a. O. S. 149) giebt an, dass der Ramus cardiacus die Hohlvene mit Zweigen versorge, welche Ganglienzellen beherbergen. Nach erneuerter Untersuchung dieser Verhältnisse muss ich jedoch bemerken, dass Nervenfäden, die in unzweideutiger Weise in die Venenwand sich einsenken, mir nie entgegengetreten sind. Dagegen muss ich allerdings zugeben, dass die Rami cardiaci auch schon da, wo sie den Hohlvenen anliegen, kleine Gruppen von Nervenzellen darbieten (Fig. 7 a u. b), die nach experimentellen Erfahrungen als Centralorgane für die selbständigen Pulsationen dieser Gefässstämme fungiren. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass von ihnen Nervenfäden abgehen, die für die Venenwand bestimmt sind, aber vielleicht wegen der Kürze ihres Verlaufs dem Blicke entgehen. Erst da, wo die oberen Hohlvenen in den Sinus übertreten, beginnen die Rami cardiaci deutliche Aeste abzugeben. Aber auch dies geschieht weder bei verschiedenen Exemplaren noch auch bei einem und demselben Thier auf beiden Seiten in gleicher Weise. Zuweilen nämlich bleiben die Elemente unserer Nerven auch auf der Sinuswand zu einem ungetheilten Stamm vereinigt, der aus der convexen Seite des Bogens, den er hierbei bildet, einen oder mehrere feine Aeste entsendet, die an dem Sinus gegen die untere Hohlvene hinablaufen (Fig. 7 d, d). In der Mehrzahl der untersuchten Thiere sind die vom Ramus cardiacus der rechten Seite abgehenden Sinuszweige zahlreicher und stärker als die der linken Seite. An den Abgangsstellen dieser Zweige finden sich gewöhnlich Gruppen von Ganglienzellen. Mitunter bilden die beiderseitigen Sinuszweige einen Plexus mit ebenfalls eingestreuten Nervenzellen, aus dem schliesslich einige zarte Nervenbündel gegen die untere Hohlvene hinablaufen;

eben so häufig fehlt aber auch ein solcher Plexus, und die Sinusnerven schlagen den letzterwähnten Weg unmittelbar ein. In anderen Fällen dagegen spalten sich die Rami cardiaci schon auf der Sinuswand in mehrere Zweige — ich habe deren bis vier gefunden —, von denen der am tiefsten liegende die Sinuszweige abgiebt, und hierauf gleich den übrigen wiederum nach oben sich biegend, mit ihnen convergirend zur Einsenkungsstelle des Pulmonalvenenstammes sich begiebt. Immer sind jedoch die Rami cardiaci an dem Sinus mit zahlreichen Nervenzellen versehen, die theils in Gruppen auftreten, theils in einfacher Reihe neben einander liegend den Nerven wie mit einem Perlensaum einfassen, zuweilen aber auch ganz unregelmässige Haufen bilden.

Während die beiden Rami cardiaci auf der hinteren Wand des Sinus nur lose aufliegen, senken sie sich zugleich mit dem gemeinschaftlichen Pulmonalvenenstamm tiefer in die Herzsubstanz ein. Sie liegen an der hinteren Fläche oder zu beiden Seiten dieses Gefässes, und bilden bald gleich im Anfange desselben noch an der oberen bogenförmigen Grenze des Sinus, bald etwas tiefer in seinem weiteren, kaum mehr als 1^{'''} betragenden Verlaufe den bekannten gangliösen Plexus, von dem bisher angegeben wurde, dass er auf der Scheidewand selbst seine Lage habe. In dieser „Anastomose“ stehen die Nerven in dem Verhältniss zu einander, das in seinen wesentlichen Zügen bereits früher bezeichnet worden ist, und über welches sich eingehendere Details wegen der hier obwaltenden Schwankungen nicht wohl geben lassen. Im Allgemeinen lässt sich nur sagen, dass aus diesem Plexus schliesslich zwei auf der Scheidewand der Vorhöfe weiter verlaufende Aeste hervorgehen, und dass in demselben, ähnlich dem Chiasma opticum, die nach der inneren Seite hin gelegenen Faserbündel eine vollständige Decussation zeigen, während die äusseren Bündel beider Nerven auf derselben Seite bleiben. Hierbei setzt sich übrigens der stärkere Ramus cardiacus sinister mit der entschieden Mehrzahl seiner Fasern in die hinteren Scheidewandnerven fort, während der schwächere Herzzweig der rechten Seite mit ziemlich gleichen Portionen in beide Scheidewandnerven ein-

tritt. Selbstverständlich folgt schon hieraus, dass der hintere Scheidewandnerv den vorderen beträchtlich an Stärke übertrifft. — Die Aehnlichkeit des in Rede stehenden gangliösen Plexus mit dem Chiasma opticum spricht sich noch in einem anderen Umstande aus, der freilich nur selten in ganz entschiedener Weise der Beobachtung sich darbietet. Es zeigt sich nämlich, dass Fasern aus dem einen Ramus cardiacus bogenförmig in den anderen übergehen, so dass es demnach in dem Herzaste des Vagus auch Elemente giebt, die kein peripherisches Ende zu haben scheinen, ähnlich der Commissura arcuata posterior des Chiasma opticum. Diese Commissurenfasern erscheinen manchmal von dem Plexus durch einen Zwischenraum geschieden, der sie in ganz unzweideutiger Weise kenntlich macht (Fig. 7 e); in einem Falle wurden drei Bündel derselben, deren jedes aus mehreren Primitivfasern bestand und mit jedem seiner beiden Enden zur centralen Seite des betreffenden Ramus cardiacus gerichtet war, in ihrem ganzen Verlaufe deutlich unterschieden. Da das Vorkommen eines solchen Faserverlaufs, wenn einmal nachgewiesen, als ein beständiges Verhältniss angesehen werden muss, so ist die Vermuthung berechtigt, dass für gewöhnlich die bezüglichlichen Nervenfasern in den Plexus selbst eingebettet sind, und durch die Decussationsbündel verdeckt werden. Ist diese Lagerung aber die Regel, so wird das Verhältniss auch allgemeiner so aufgefasst werden können, dass man sagt, es kehren einige Fasern des Ramus cardiacus von dem gangliösen Plexus wieder zurück. Es geschieht dies nachweislich zwar nur in der Bahn des entsprechenden Nerven der anderen Seite; ist aber diese rückläufige Richtung einmal nachgewiesen, so darf angenommen werden, dass das Gleiche auch auf der anderen Seite geschehe. Von diesen rückkehrenden Fasern müsste nun entschieden werden, wohin sie sich begeben. Es wäre möglich, dass sie bis zum Ursprung des Vagus hinaufreichen; sie könnten aber auch schon in den Nervenzellen der Rami cardiaci, wo letztere den Hohlvenen anliegen, ihr Ende finden, und nach unten anzuführenden physiologischen Erfahrungen ist letzteres das Wahrscheinlichere.

Aus jenem Plexus gehen indessen noch andere Zweige her-

vor. An der Vereinigungsstelle der Rami cardiaci findet sich nämlich eine sehr reiche Anhäufung von Ganglienzellen, die sowohl um die Stämme und Decussationsbündel derselben, bald reihenweise, bald in unregelmässige Haufen zusammengelagert sich finden, als auch in's Innere der Nervenbündel eingebettet sind, und durch die bedeckenden Fasern hindurchschimmern. Welches auch das Verhältniss der Zellen zu den Nervenfasern sein mag, so ist es doch nicht zweifelhaft, dass aus dieser Ganglienmasse zahlreiche neue Nervenfasern ihren Ursprung nehmen müssen. Denn aus ihr gehen, zwar in wechselnder Zahl, Stärke und Richtung, aber ganz beständig, Nervenbündel ab, die zu den Atrien sich begeben, ebenfalls mit Nervenzellen ausgestattet sind, und nicht allein nach der sichtbaren Richtung ihrer Fasern wenig oder gar nicht von den Rami cardiaci abgeleitet werden können, sondern auch in Verbindung mit den beiden Scheidewandnerven eine Gesamtzahl von Nervenfasern beherbergen, die die Summe der in den Rami cardiaci eingeschlossenen Elemente augenscheinlich weit übertrifft. Nichtsdestoweniger ist in der Wand der Vorhöfe die Menge der Nerven-elemente doch nur eine sehr geringe; denn man findet in beträchtlichen Stücken, die aus dieser Wand herausgeschnitten wurden, nicht selten gar keine oder doch nur sehr vereinzelte Nervenfasern, die über beträchtliche Strecken der Muskelmasse hinlaufen ohne Theilung und Verästelung, ohne erhebliche Aenderung ihres Durchmessers, und die plötzlich dem Blicke sich entziehen, auch wo von einer durch die Präparationsmethode herbeigeführten Trennung der Nervenfasern nicht die Rede sein konnte.

Die beiden Scheidewandnerven lassen sich eben so leicht als vollständig in ihrer natürlichen Lagerung dem unbewaffneten Auge¹⁾ zugänglich machen, wenn man an dem mit Leim erfüllten Herzen in der früher erwähnten Weise die Wand des linken Vorhofs abträgt, und die linke Seite der Scheidewand

1) Auch M. J. Weber sind diese Theile nicht entgangen, nur meint er, da damals noch keine mikroskopische Untersuchung angestellt werden konnte, dass sie vielleicht nur Gefässe sind (a. a. O. §. 2).

Reichert's u. du Bois-Reymond's Archiv. 1866.

dadurch in ihrer ganzen Ausdehnung und in gespanntem Zustande sichtbar macht. Links von der Mitte ihres hinteren Randes befindet sich die Mündung des Pulmonalvenenstammes (Fig. 4d), an deren unterem oder seitlichem Umfange die beiden Scheidewandnerven zum Vorschein kommen, und indem sie von hier sogleich zur Atrioventricularöffnung sich wenden ist die ganze obere Hälfte des Septums von Nerven frei. Der hintere Scheidewandnerv läuft in ziemlich gerader Richtung gegen den Ventrikel hinab; der vordere dagegen beschreibt, um zur Atrioventricularöffnung zu gelangen, einen Bogen oder ein fast rechtwinkeliges Knie, dessen Convexität nach vorn gerichtet ist; er ist eben deshalb neben seiner geringeren Stärke auch länger als sein stammverwandter Nachbar (Fig. 4e u. f). — Bei mikroskopischer Untersuchung tritt an beiden Scheidewandnerven eine eigenthümlich gedrehte Lagerung ihrer Elemente hervor, indem die Nervenfasern nicht, wie sonst gewöhnlich, im Wesentlichen parallel neben einander liegen, sondern wie die Fäden eines gewundenen Taues durch einander geschlungen erscheinen. Beide sind ferner durch zahlreiche Nervenzellen ausgezeichnet, die in der schon bei den Rami cardiaca bemerkten Weise gelagert erscheinen; nur wenige und kurze Strecken beider Nerven sind von Zellen ganz frei. Beide endlich senden in wechselnder Entfernung, Zahl und Stärke meistens zwei bis vier Aeste ab, die gegen die angehefteten Ränder des Septums gerichtet sind, Nervenzellen in beträchtlicher Zahl beherbergen, sich weiter und weiter theilen, und schliesslich in ihre einzelnen Primitivfasern zerfallen. Weil trotz dieser abgehenden Aeste die Scheidewandnerven bei ihrer Ankunft an der Atrioventricularöffnung an Dicke durchaus nicht verringert erscheinen, muss während ihres Verlaufs in ihnen selbst Veranlassung zur Entstehung neuer Nervenfasern gegeben sein. Ob die erwähnten Aeste über die Ränder der Scheidewand hinausgehen und bis in die Wände der Vorhöfe sich fortsetzen, wage ich nicht mit Bestimmtheit zu bejahen; doch ist es mir wahrscheinlich, dass dies geschieht, weil einige Mal an dem hart am Vorhofe abgetrennten Septum vereinzelt Nervenfasern mit durchschnitten erschienen, die wohl erst auf der Vorhofs-

wand ihr Ende zu erreichen bestimmt waren. — Unmittelbar oberhalb der beiden sogenannten Klappen der Atrioventricularöffnung bildet jeder Scheidewandnerv eine schon mit blossem Auge deutlich wahrnehmbare Verdickung (Fig. 4g, Fig. 6d u. e), die sich unter dem Mikroskop als durch Zellenmasse bedingt erweist. Es sind dies die beiden Atrioventricularganglien, und die aus ihnen hervorgehenden Zweige setzen sich weiter fort in diese fleischigen Klappen, werden aber durch zwischen sie eingewebte Muskelemente aus einander gedrängt, spalten sich sofort weiter, und entziehen sich durch rasches Zerfallen in einzelne Primitivfasern sehr bald der ferneren Beobachtung.

Es ergibt sich also aus dem Vorstehenden, dass die an den oberen Hohlvenen hinziehenden Rami cardiaca zwar nicht nachweisbare eigene Nervenfasern an diese Gefässe abgeben, wohl aber für sie bestimmte Nervenzellen besitzen, und an dem Sinus sehr reichliche Ganglienformation darbieten; dass die Wand des Sinus ausser der an ihrem oberen Rande befindlichen gangliösen Plexusbildung auch ihr eigenthümlich angehörende Nervenfasern mit Nervenzellen besitzt; dass die Wand der Vorhöfe theils aus diesem Plexus, theils aus den Nerven der Scheidewand Nervenfasern mit eingebetteten Nervenzellen erhält; dass die beiden Scheidewandnerven an die Musculatur, in der sie eingelagert sind, nur wenige Zweige abgeben, die auch ihrerseits Nervenzellen führen; dass endlich das Fleisch des Ventrikels aus den beiden Atrioventricularganglien Nervenzweige bezieht, die jedoch nur in der Nähe der Ventrikelbasis nachweisbar sind, während in der übrigen mindestens zwei Drittheile umfassenden und nach der Herzspitze hin gelegenen Masse desselben keine Nervenlemente mehr mit Sicherheit nachzuweisen sind.

Von den mit steter Berücksichtigung dieser anatomischen Facta angestellten Ligaturversuchen Gregory's hebe ich aus dessen Dissertation nur die hauptsächlichsten Thatsachen und Ergebnisse hervor, und muss in Betreff des Details auf die fleissige Arbeit selbst verweisen.

Bei Anlegung einer Ligatur „genau“ an der Sinusgrenze

bleibt die an der Vereinigungsstelle der beiden Rami cardiaci gelegene Hauptganglienmasse, sowie ein Theil der Vorhöfe und der Scheidewandnerven immer mit dem Sinus in Verbindung. Diese oberhalb der Ligatur gelegenen Theile nebst den drei Hohlvenen setzen ihre Pulsationen mit unveränderter Frequenz und Energie fort; sie werden durch Galvanisiren der Vagi zum Stillstand gebracht; nach Entfernung des Hauptganglions hören die Pulsationen zwar nicht sogleich auf, erlöschen aber weit früher als bei unversehrtem Herzen. Der unterhalb der Ligatur gelegene Theil der Vorhöfe und die Kammer verfallen nach einigen Schlägen in Ruhe, während welcher sie jedoch einen örtlichen mechanischen Reiz durch eine sofortige einmalige Contraction beantworten. Auch ist jene Ruhe keineswegs eine dauernde, sondern macht nach etwa 10—20 Minuten wieder eintretenden Pulsationen von sehr verminderter Frequenz und Energie Platz, die daher auch weit früher als die Contractionen des Sinus und der Vorhöfe gänzlich aufhören, durch Galvanisiren der Vagi aber nicht gehemmt werden. Werden jedoch, nach Eröffnung des linken Vorhofs unterhalb der Ligatur, die beiden Atrioventricularganglien nebst den angrenzenden Parthieen der Scheidewandnerven entfernt, so pulsiren Vorhöfe und Ventrikel zwar fort, aber die Pulsationen erlöschen früher, als ohne diesen Eingriff zu erwarten wäre.

Bei Ligaturen an dem Sinus selbst, so zwar, dass die rechte Hälfte des Sinus nebst der unteren und der rechten oberen Hohlvene von dem übrigen Herzen geschieden, der Ramus cardiacus der rechten Seite mit in die Ligatur gefasst wurde, und der gangliöse Plexus links von der Ligatur zu liegen kam, — setzten der abgeschnürte Sinustheil ebensowohl als das übrige links von der Ligatur gelegene Herz ihre Pulsationen ununterbrochen fort, nur war beiderseits die Frequenz um einige Schläge vermindert, bald mehr auf der einen, bald mehr auf der anderen Seite der Ligatur. Reizung des rechten Vagus blieb ganz ohne Wirkung; Galvanisirung des linken wirkte zwar auf die links von der Ligatur gelegenen Theile ganz in der gewöhnlichen Weise ein, liess aber die rechts gelegenen Parthieen unbeeinträchtigt. — Für die rhythmische Bewegung des Froschherzens existirt also nicht ein scharf umschriebenes Cen-

tralorgan, sondern eine Vielzahl getrennter Centra (Volkmann, Hämodynamik, Leipzig 1850, S. 396), die zu einheitlicher Wirkung combinirt werden können, also unter einander in Verbindung stehen müssen, und bei Trennung dieser Verbindung zwar jenes harmonische Zusammenwirken aufgeben, aber die Herrschaft über die ihnen zunächst untergeordneten Muskelregionen noch bewahren. Der vorübergehende Stillstand gewisser Herzparthieen nach einer Ligatur um die Sinusgrenze ist nicht Folge von Irritation eines Hemmungsapparates, sondern nur Resultat der unterbrochenen Einwirkung einiger oberhalb der Ligatur gelegenen Ganglienmassen auf die unterhalb derselben befindlichen Muskelbündel; die wenigen diesem Stillstande gewöhnlich vorausgehenden Contractionen sind auf den durch den Ligaturfaden ausgeübten mechanischen Reiz zu beziehen.

Wird eine Ligatur an der Quersfurche des Herzens angelegt, so bleiben die Atrioventricularganglien unterhalb derselben liegen und mit dem Ventrikel in ungestörter Verbindung. Letzterer setzt seine Contractionen zwar noch eine Zeitlang fort, aber mit sehr verlangsamtem Rhythmus, und verfällt nach 3 bis 15 Minuten in dauernden Stillstand. Jene Ganglien sind also allein für sich nicht im Stande, die rhythmischen Bewegungen des Ventrikels zu unterhalten. Wenn eine solche Ligatur die durch Umschnürung der Sinusgrenze zum Stillstand gebrachten Herztheile zu erneuerten Zusammenziehungen bestimmt, so erlöschen diese doch bald nach 1 bis höchstens 15 Minuten, und sind von dem mechanischen Reiz des Fadens abzuleiten; daher nach Wegnahme der Ligatur das Herz sofort in Diastole stillsteht. — Ganz gleiche Erscheinungen wie durch Umschnürung mittelst eines Fadens lassen sich auch durch Durchschneidung des Herzens an den bezeichneten Stellen hervorrufen.

Werden Ligaturen um die Einmündungsstellen der drei Hohlvenen in den Sinus angelegt, so stellen die oberen Hohlvenen ihre Pulsationen sofort und bleibend ein, und werden von dem in seinem Abfluss gehinderten Blut stark ausgedehnt; die untere Hohlvene, obgleich auch stark mit Blut gefüllt, setzt nach einer kurzen Pause von 1—3 Minuten ihre Pulsationen

mit verlangsamtem Rhythmus fort, während das Herz selbst in seinem früheren Rhythmus fortschlägt. Wurden die Hohlvenen an derselben Stelle durchschnitten, so stellen sie zwar in der Regel ihre Contractionen auch sofort ein, nehmen sie jedoch nach einigen Minuten wieder auf, und zwar so, dass ihre Schläge weder unter einander noch mit denen des Herzens übereinstimmen. Werden die vom Herzen abgetrennten pulsirenden Hohlvenen durch einen abermaligen Querschnitt halbt, so verfällt die zum Herzen gelegene Hälfte in Stillstand, die peripherische dagegen pulsirt fort. Wurden aber nunmehr die oberen Hohlvenen in ihrem Beginn, wo sie aus dem Zusammenfluss der Vena jugularis und brachialis entstehen, oder die untere Hohlvene hart am Leberrande durchschnitten, so dass jede Hohlvene in zwei Stücke zerlegt wird, die weder mit dem Herzen noch mit dem übrigen Verlauf der Venen in Verbindung sind, so stehen beide Venenstücke durchaus still. — Alle diese scheinbar höchst widerspruchsvollen Erscheinungen finden ihre Erklärung in dem Umstande, dass die Anwesenheit von Blut in den Venen eine Bedingung für ihre Pulsationen ist. Nach Durchschneidung aller drei Hohlvenen zeigen sich nur selten Pulsationen an denselben, weil schon die erste Durchschneidung so viel Blut gekostet hat, dass die übrigen Venen nicht mehr hinreichend gespeist werden. Es darf aber die Anfüllung mit Blut nicht so weit gehen, dass dadurch ein von dem Contractionsvermögen der Vene nicht mehr zu besiegendes Hinderniss gesetzt wird. Daher der Stillstand bei Unterbindung der oberen Hohlvenen, und Wiedereintritt der Pulsationen sobald durch eine kleine Oeffnung dem angesammelten Blut ein Ausweg geschafft wird; während der Stillstand bei der unteren Hohlvene gewöhnlich fehlt, weil ihre Ausdehnung durch stauen des Blut wegen des möglichen Abflusses in die Leber oder andere parenchymatöse Organe nicht den hohen Grad wie bei den beiden oberen Venen erreicht. — Die drei Hohlvenen des Frosches sind also selbständiger, von den im Herzen selbst gelegenen Bewegungscentren unabhängiger Pulsationen fähig, und als Centralorgan derselben müssen, wenigstens für die oberen Hohlvenen, die Ganglienzellen angesehen werden, die in den

Rami cardiaci eingebettet sind, wo letztere noch an den Hohlvenen herablaufen. Auf diese Centra wirkt Galvanisirung der Vagi bekanntlich ebenfalls hemmend ein, aber nur so lange die Hohlvenen mit dem Herzen in ungestörter Verbindung bleiben, nicht aber nach Durchschneidung oder Umschnürung derselben. Es muss also in den Rami cardiaci nicht blos zum Herzen gehende, sondern auch vom Herzen zu den Centren der Venenpulsation zurückkehrende Fasern geben, und vielleicht dürfen die oben erwähnten Commissurenfasern an dem gangliösen Plexus auf dieses Verhältniss bezogen werden. — Der schon vor Jahren von mir gethane Ausspruch, dass die automatischen Bewegungen des Herzens von den an der Vereinigungsstelle der Rami cardiaci sowie im Verlaufe der beiden Scheidewandnerven vorhandenen Nervenzellen bestimmt werden, darf also auch gegenwärtig noch als wohlbegründet angesehen werden; nur ist derselbe dahin zu ergänzen, dass auch die seitdem an den Hohlvenen, der Sinuswand und den Vorhöfen nachgewiesenen Ganglien bei der Rhythmik der bezüglichlichen Herztheile in's Spiel kommen. Alle diese Ganglienmassen sind aber auch Reflexcentra, und stehen bei der Vermittelung reflectirter Bewegungen ebenso wie beim Hervorrufen automatischer Contractionen des Herzfleisches in einer Verbindung, die ihr harmonisches Zusammenwirken möglich macht und bedingt. Ebenso ist es auf's Neue bewiesen, dass den Atrioventricularganglien ein irgend erheblicher Antheil an der Vermittelung der rhythmischen Herzactionen nicht zuzuschreiben ist.

So wünschenswerth es wäre, diese physiologischen Erfahrungen durch den genauen anatomischen Nachweis des Ganges der Nervenfasern im Herzen zu erläutern und zu bekräftigen, so scheint doch hierauf für jetzt noch verzichtet werden zu müssen. Wie die in den gangliösen Plexus eintretenden Fasern der Rami cardiaci zu den austretenden Nervenfasern, und beide Reihen von Nervenfasern zu den dieses Ganglion bildenden, sowie zu den übrigen so reichlich in das Herzfleisch eingelagerten Nervenzellen sich verhalten, darüber vermag ich

trotz wiederholt darauf gerichteter Aufmerksamkeit auch gegenwärtig nicht mehr anzugeben, als bereits früher geschehen; und Ludwig's schon im Jahre 1848 gethaner Ausspruch, dass man, um in diesen Fragen entschieden weiter zu kommen, neue Wege und Methoden der Forschung finden müsse, ist auch heute noch nur zu wahr. Zwar behauptet Köl liker (Gewebelehre, 4. Aufl. 1863, S. 585), dass die Ganglien in der Scheidewand der Vorhöfe wie an der Kammermündung nur unipolare Zellen enthalten, dass die Vagusäste des Herzens keinerlei Verbindungen mit diesen Ganglienzellen eingehen, sondern ganz und gar für sich verlaufen, und die Ganglien nur durchsetzen, um für sich zum Herzfleische zu gehen, und dass die Physiologie daher jene Theorien verlassen müsse, die den Vagusfasern einen unmittelbaren Einfluss auf die Ganglien zuschreiben. Indessen wird die Endgültigkeit dieser Aussprüche, so lange eine nähere Angabe des Weges, auf welchem sie gewonnen wurden, fehlt, um so eher bezweifelt werden dürfen, als physiologische Erfahrungen eben so sehr für einen unmittelbaren Einfluss der Vagusfasern auf die Ganglien des Herzens als gegen ihre Endigung im Herzfleisch sprechen. Soweit die sichere Erkenntniss der Nervenverbreitung im Froschherzen gegenwärtig reicht, dürfte nur die Behauptung gerechtfertigt erscheinen, dass jede Nervenfibrille ein beträchtliches Muskelgebiet zu beherrschen bestimmt ist, wobei übrigens auch daran zu denken wäre, dass diese Herrschaft nicht auf einer directen Einwirkung auf die Gesamtheit der Muskelbündel beruht, sondern bei der netzartigen Verschmelzung der Fleischfasern vielmehr dadurch vermittelt wird, dass eine unter dem Einflusse des Nerven zur Verkürzung bestimmte Muskelfiber ihre nächsten Nachbarn aus der Ruhelage zerrt, und dass der hiermit gesetzte mechanische Reiz aus anatomischen Ursachen eine rasche Verbreitung finden muss. Dass dem Muskelgewebe das Vermögen zukomme, Aenderungen seiner moleculären Verhältnisse durch seine Masse fortzuleiten, ist allerdings schon behauptet worden, und es darf nur daran erinnert werden, dass Kühne (Myologische Untersuchungen, 1860, S. 60) hervorhebt, wie der Muskel die Erregung seiner eigenen Substanz von Querschnitt zu Querschnitt

auch ohne Nervenvermittlung zu übertragen vermag. Wenn es aber bei Muskeln mit parallel verlaufenden und von einander geschiedenen Fleischbündeln unerklärt bleiben musste, wodurch die Leitungsfähigkeit derselben bedingt werde, so scheint für die netzförmig gebauten Muskeln die Unmöglichkeit lokal beschränkter Contractionen aus eben dieser anatomischen Anordnung mit Nothwendigkeit zu folgen. Jedenfalls aber bleibt eine genauere Ermittlung des feineren Details bei der Nervenverbreitung im Froschherzen noch immer ein Desiderat der Histologie wie der Physiologie.

Dorpat, am 12. December 1865.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—6 sind bei etwa viermaliger, Fig. 7 bei 200facher Vergrößerung gezeichnet.

Fig. 1. Vordere Ansicht eines mit Leim erfüllten Froschherzens. *a* Herzkammer, *b* rechte Vorkammer, *c* linke Vorkammer, *d* Aortenbulbus mit seinen beiden Hauptästen, *e* die von der hinteren Herzfläche hervortretende rechte, und *f* die linke obere Hohlvene.

Fig. 2. Hintere Ansicht desselben. *a* gemeinschaftlicher Hohlvenensack, *b* untere Hohlvene, *c* rechte obere, *d* linke obere Hohlvene, *e* Pulmonalvenenstamm, *f* u. *g* an den Hohlvenen herablaufende Rami cardiaci.

Fig. 3. Seitliche Ansicht desselben. *a*, *b* und *c* Vena facialis, jugularis und brachialis der linken Seite, *d* die aus deren Vereinigung hervorgehende obere Hohlvene, *e* der an ihr herablaufende Ramus cardiacus, *f* untere Hohlvene, *g* Pulmonalvenenstamm.

Fig. 4. Ansicht der linken Seite des Septums nach Hinwegnahme der Wand des linken Atriums. *a* Aortenstamm, *b* linke obere Hohlvene, *c* Septum atriorum, *d* Mündung des Pulmonalvenenstammes in den linken Vorhof, *e* vorderer, *f* hinterer Scheidewandnerv, *g* Atrioventricularganglien, zwischen denen der untere freie Rand der Scheidewand über die Atrioventricularöffnung hinübergespannt erscheint.

Fig. 5. Hohlvenensinus, nach theilweiser Wegnahme der hinteren Wand, um die elliptische in das rechte Atrium führende Mündung darzustellen. *a* linke, *b* rechte obere Hohlvene, *c* untere Hohlvene, *d* Pulmonalvenenstamm, *e* Fortsetzung desselben in der gemeinschaft-

lichen Vorhofs- und Sinuswand mit den beiden zur Scheidewand hinziehenden Nerven.

Fig. 6. Innenfläche der beiden Atrien nach Abtragung der oberen Hälfte derselben und perpendiculärer Spaltung der Scheidewand. — *a* Theil der hinteren Fläche des Herzens nebst Herzspitze, *b* rechte obere Hohlvene, *c* zurückgeschlagene Vorhofswand mit den an der Innenfläche derselben sichtbaren Trabeculae carneae, *d* u. *e* die beiden Scheidewandnerven nach Zerreissung des Septums der Innenfläche der Vorhofswand aufliegend, *f* obere ebene Fläche der Kammerbasis (Weber's callöser Muskelring), *g* die beiden sogenannten Klappen der Atrioventricularöffnung.

Fig. 7. Segment aus der hinteren Wand der beiden oberen Hohlvenen und des Sinus, um die Nerven des letzteren zu zeigen; die Nerven bei 200 maliger Vergrößerung, die Gefäss- und Sinuswand der Räumersparniss wegen beträchtlich reducirt. *a* linker, *b* rechter Ramus cardiacus, *c* Vereinigungsstelle derselben dicht vor dem nicht herausgenommenen Pulmonalvenenstamm, *d, d* für den Sinus bestimmte Nervenästchen, *e* Commissurenfasern zwischen den beiden Rami cardiaci.

